



# Sensoriamento Remoto

## Resposta espectral de alvos

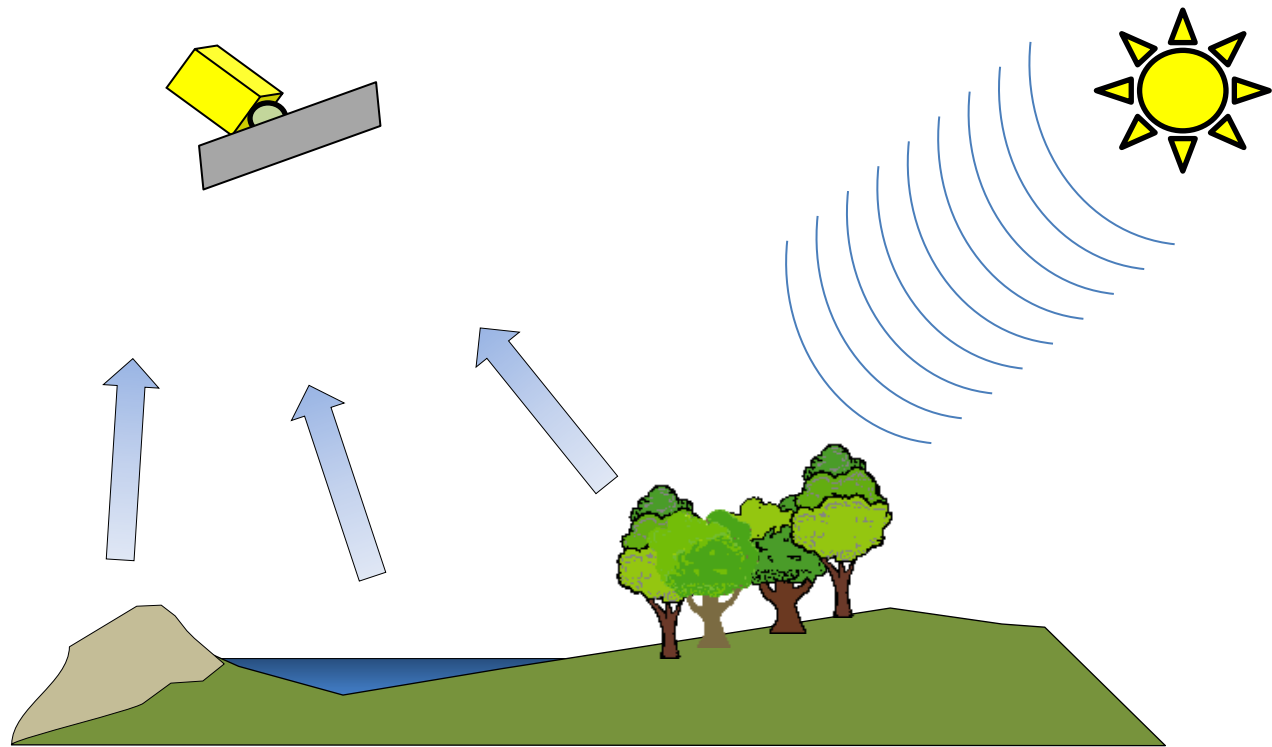
Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno Universidade Federal do  
Paraná

Departamento de Geomática

carga horária semanal 03 hrs/semana total 45 hrs.

# RESPOSTA ESPECTRAL DE ALVOS MAIS COMUNS

Alvos mais comuns



# Balanço de radiação

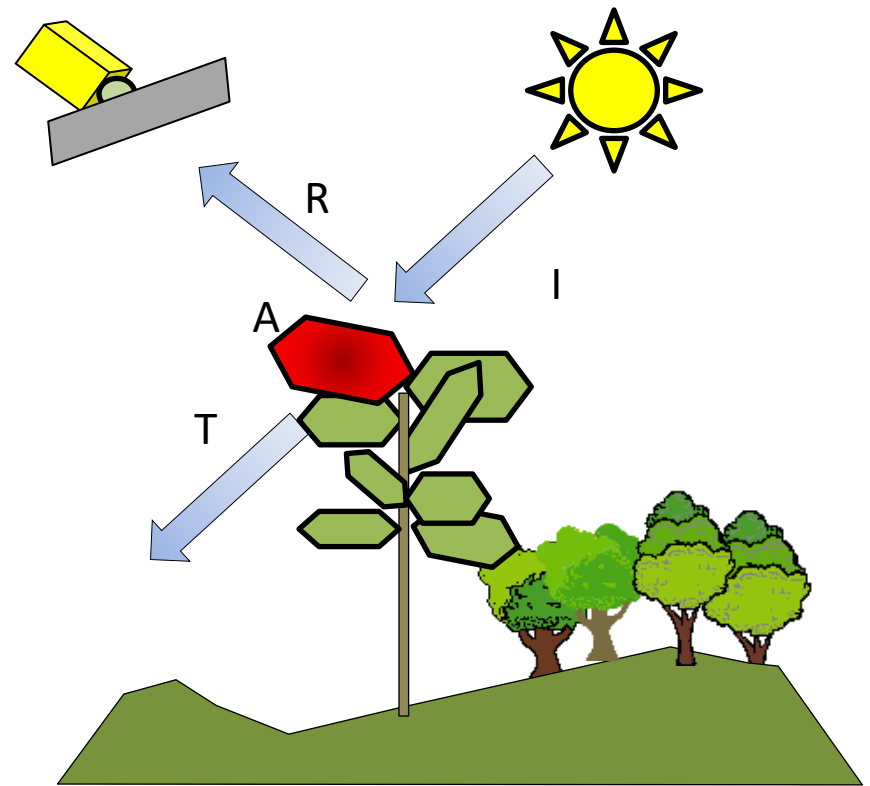
O fluxo incidente (I) pode ser refletido (R), Absorvido (A) ou Transmitido (T), dependendo das características da superfície do objeto.

Em termos relativos, escrevemos:

$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

Sendo que o termo  $\rho$  descreve a reflectância, ou a capacidade da superfície refletir o fluxo de energia incidente.

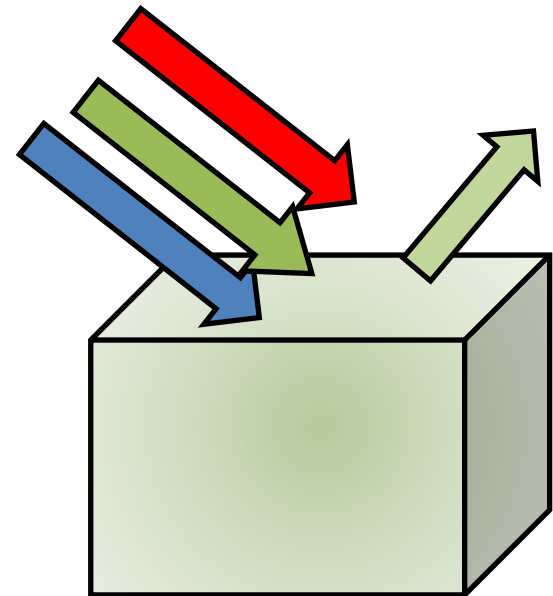
O total de radiação eletromagnética no sensor depende da reflectância dos objetos, que varia de 0 a 100%.



# Resposta espectral de alvos

Como se deseja deduzir informações dos objetos (alvos) analisando a radiação eletromagnética por eles refletida, devemos estudar como a radiação interage com a superfície de cada objeto. Ela é absorvida ou refletida? Em quais comprimentos de onda?

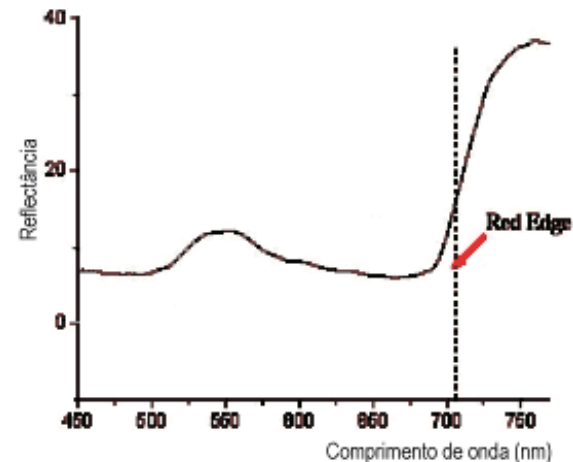
De que depende isso?



# Características espectrais da vegetação

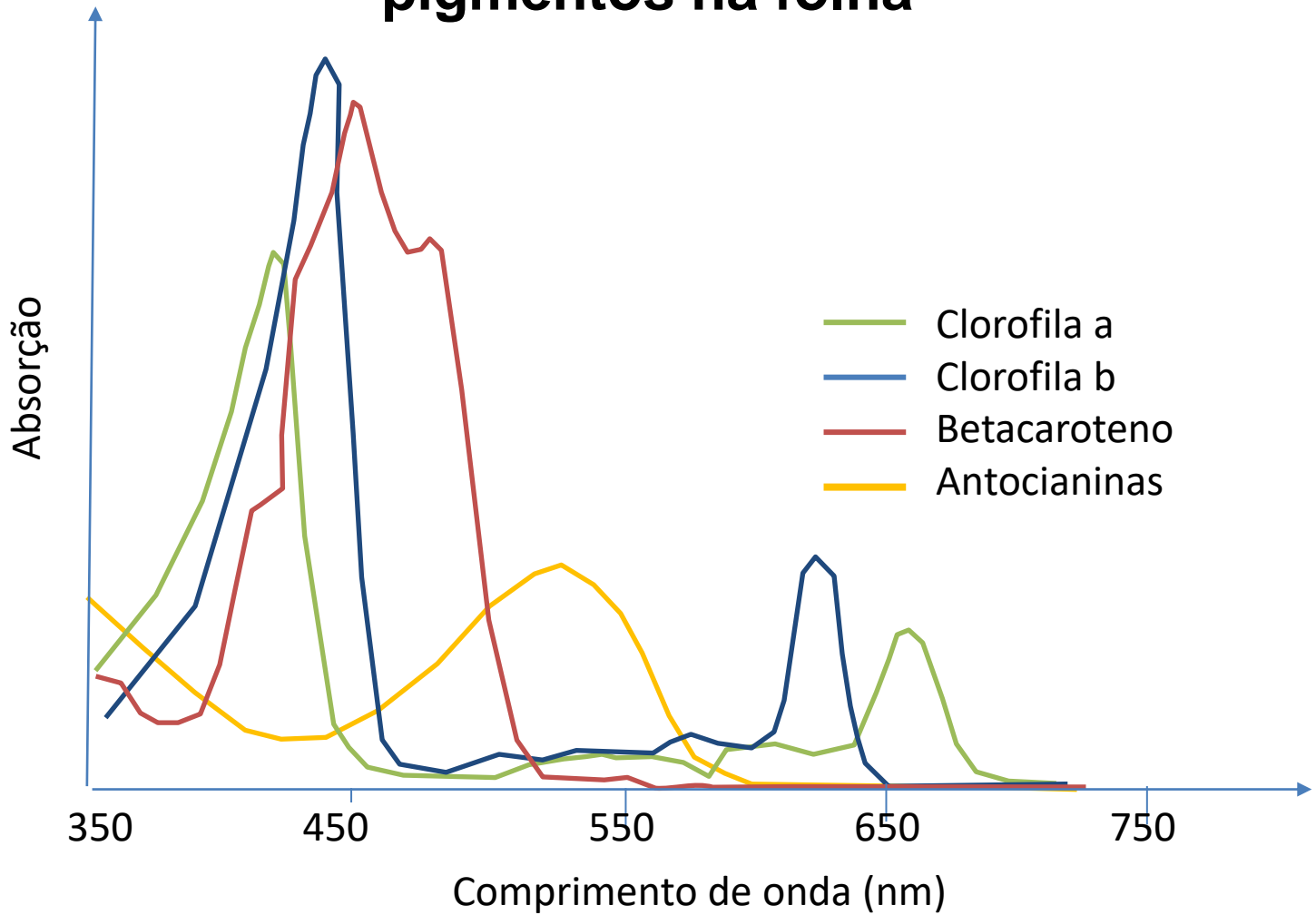
## FOLHA. - No visível (300-700nm)

- A reflectância é baixa
- A absorção é alta
- A resposta espectral é influenciada pela presença de pigmentos.



(adaptado de Li et al. 2005 [78]).

# Absorção de radiação eletromagnética dos pigmentos na folha







## Variação de pigmentos



A que se deve a diferença de cor?



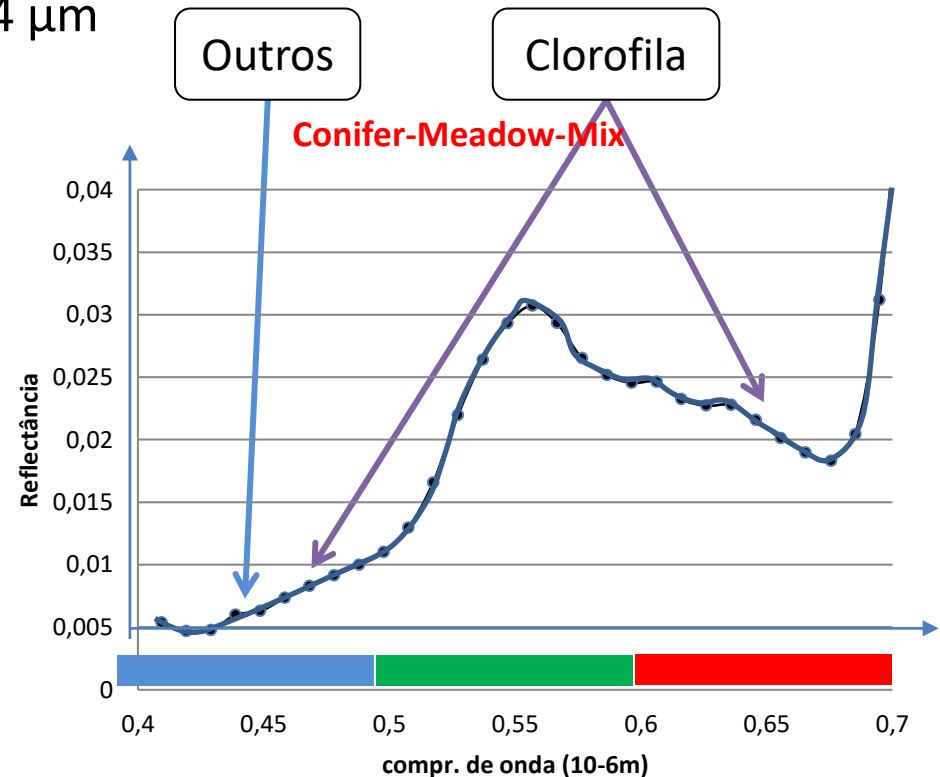


# Visível / Absorção

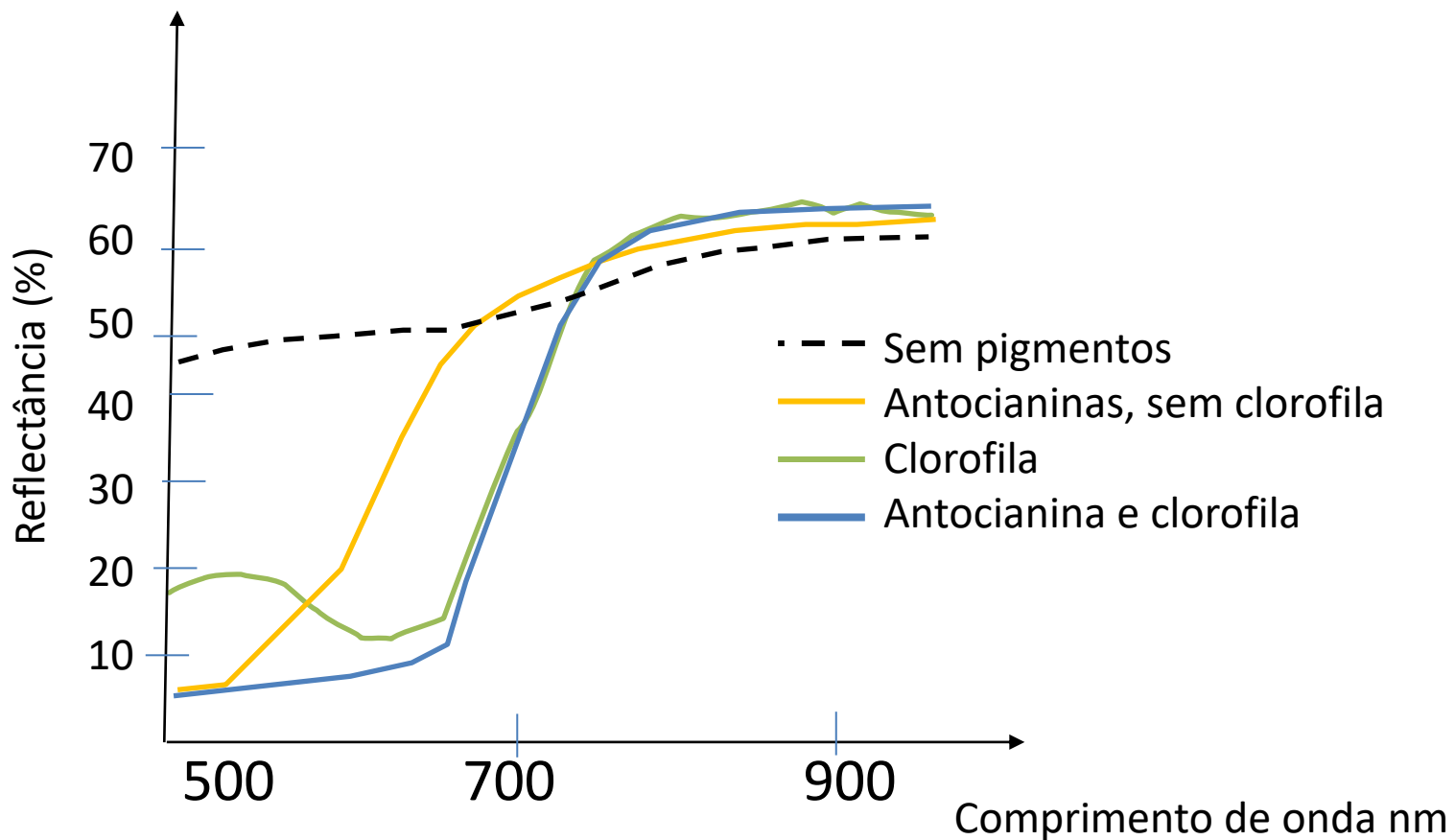
Se a absorção é alta, fica pouco para ser refletido.

- Absorção da Clorofila: em torno de 0,45 e 0,65  $\mu\text{m}$
- Absorção outros Pigmentos caroteno e xantofilas (amarelos): 0,45  $\mu\text{m}$ .

Máximo de reflectância em 0,54  $\mu\text{m}$



# Vegetação com diferentes pigmentos



(Swain & Davis)

- A falta de pigmentos altera a resposta espectral da vegetação.



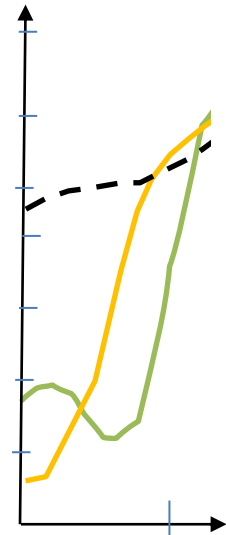
Vegetação sadia



Vegetação sem clorofila, mas com outros pigmentos



Vegetação sem clorofila e sem outros pigmentos



# Exemplo

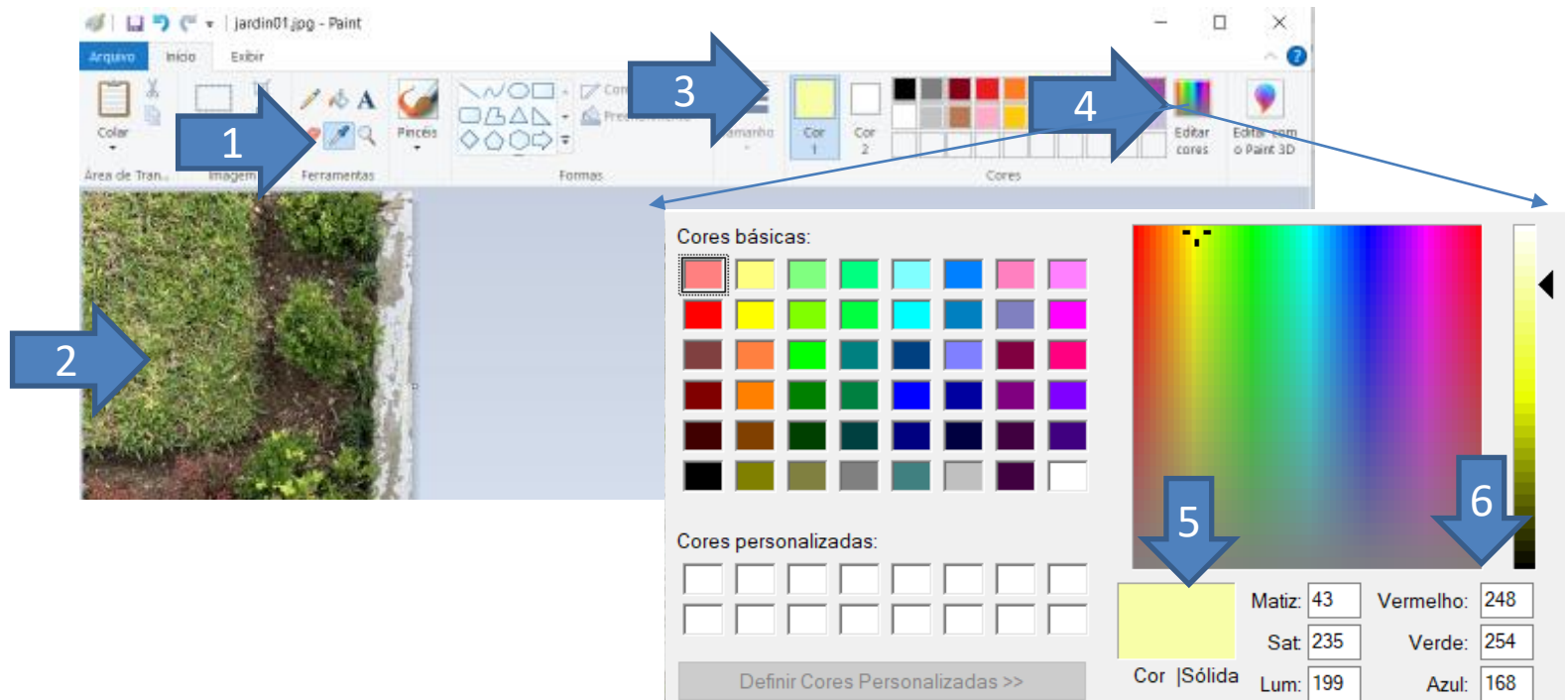


Em uma escala de  
0=nada de radiação refletida  
255= máximo de radiação refletida  
Pode estimar quanto de radiação tem  
nestes três tipos de folhas?

Folha	R(0-255)	G(0-255)	B(0-255)
1			
2			
3			



# verifique



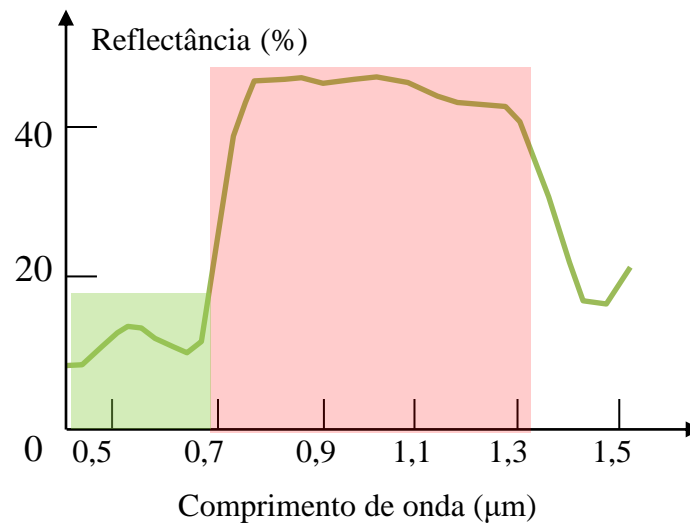
1. Ative a ferramenta de “seleção de cor”
2. Clique em um pixel
3. Verifique se a cor foi selecionada
4. Abra o editor de palheta de cores
5. A cor selecionada deve ser mostrada
6. Leia as componente R G e B

# No infravermelho próximo:

Absorção muito pequena

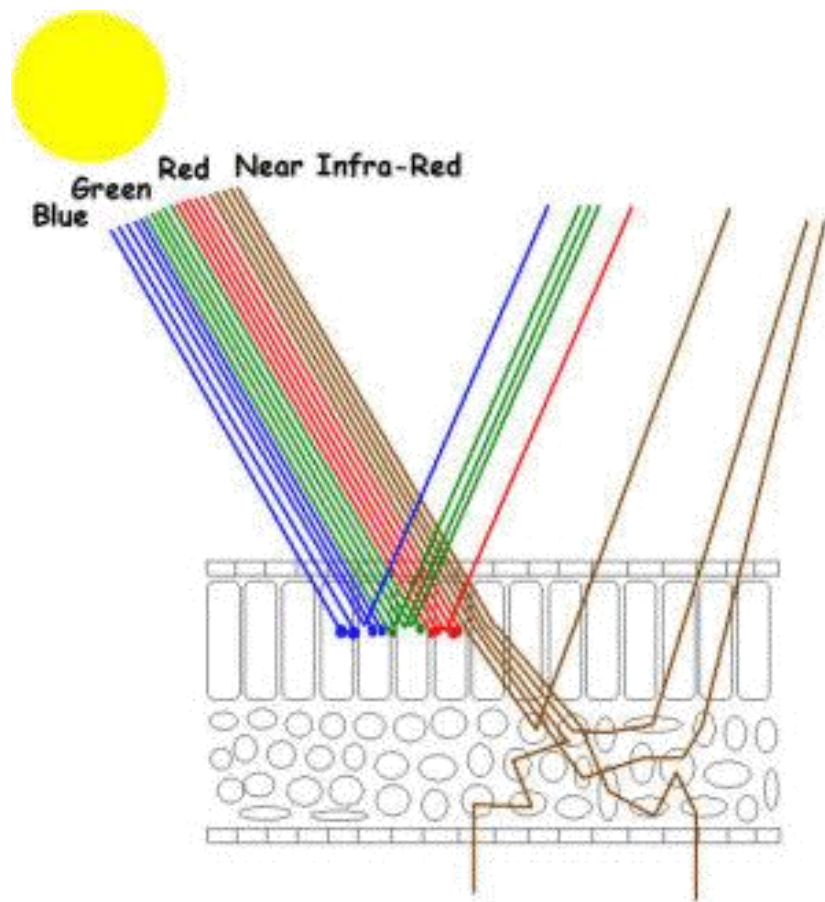
Transição em 0,7 (red-edge)

Reflectância é alta ( 45 a 50 % da energia incidente)



A estrutura interna da folha controla a reflectância.

A reflectância depende do tecido interno esponjoso da planta (mesofilo).



<http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c01-s01.html>

# Infravermelho próximo IVP

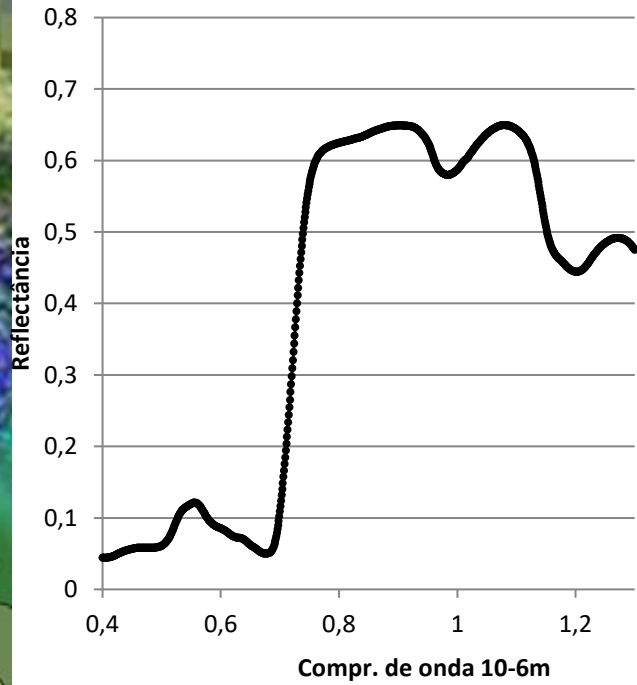
Existem diferenças estruturais significativas no mesofilo das plantas, fazendo com que diferentes espécies reflitam de forma diferenciada no infra-vermelho próximo. Assim, torna-se mais fácil discriminar espécies na região do infravermelho próximo.



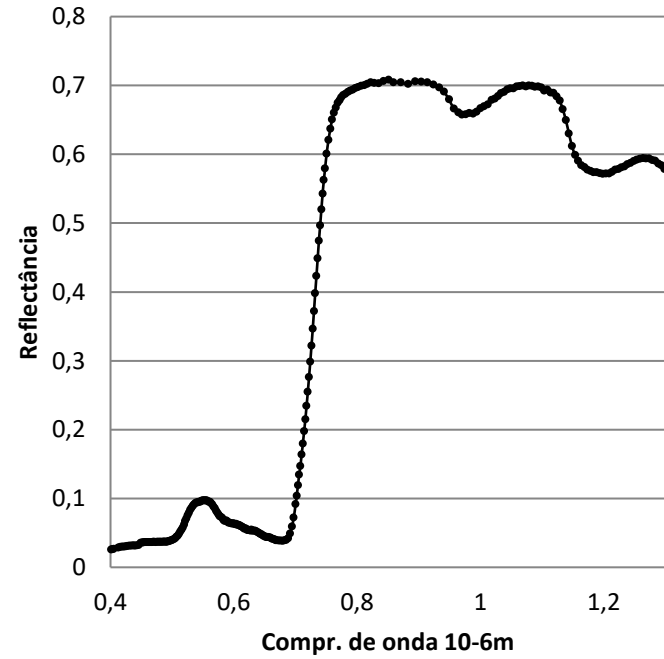




### Spruce/abeto



### Lawn Grass / Pasto



Spruce

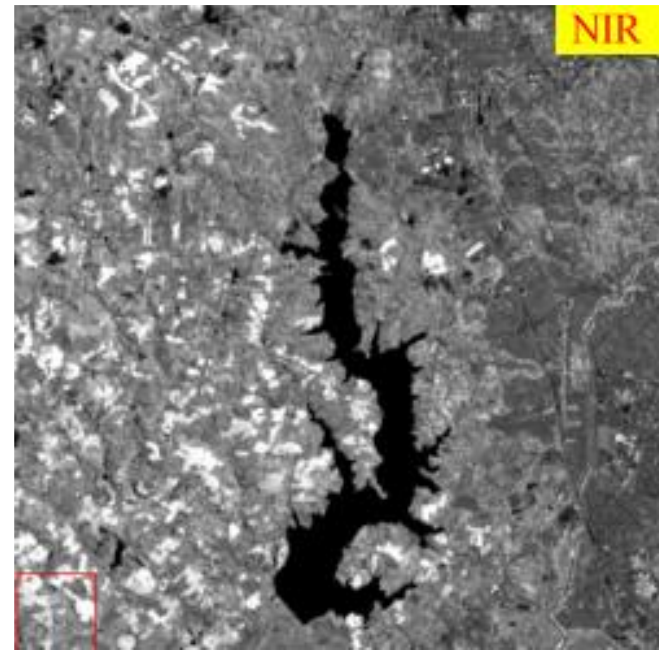
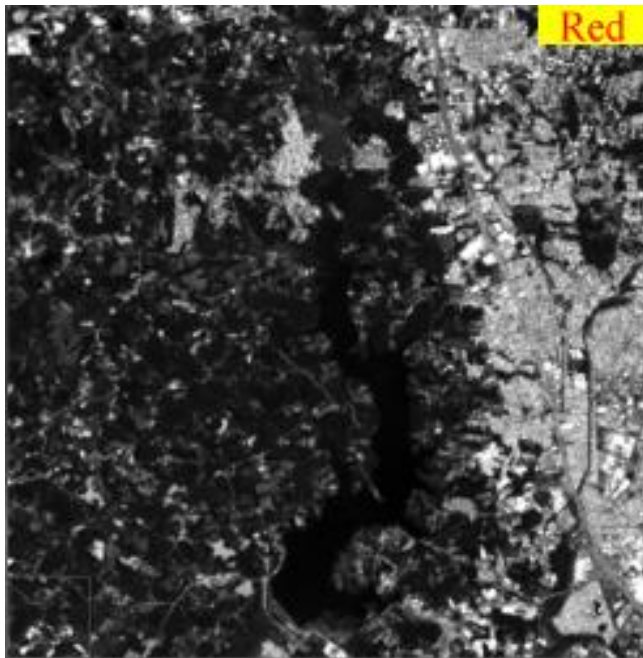


Lawn grass



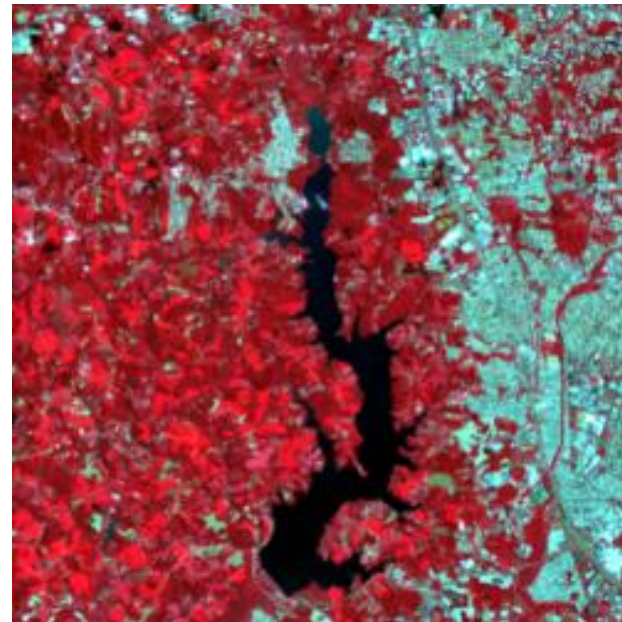
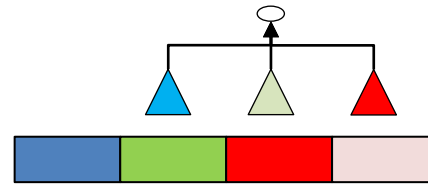
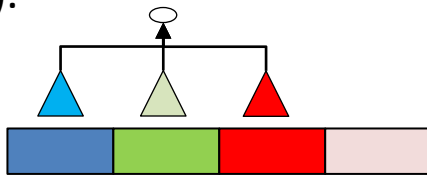


Confira, nas imagens do vermelho e do infravermelho próximo (NIR) a alta absorção da vegetação no visível e a alta reflexão no NIR. As manchas claras na segunda imagem mostram alta reflexão no infravermelho próximo e baixa no visível, logo devem ser vegetação.



# IV-falsa-cor

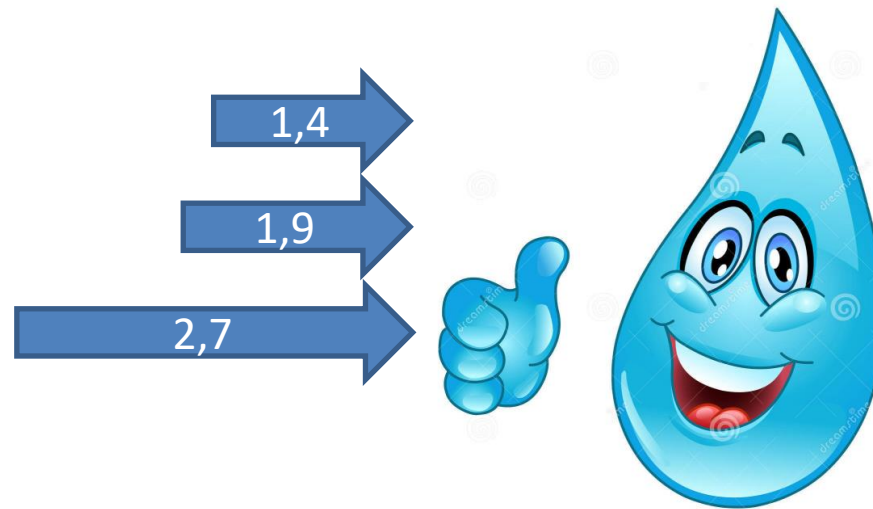
Como os dispositivos de visualização podem apenas usar três cores, é necessário descartar uma banda do visível. Assim sendo, em lugar de se visualizar a composição RGB, visualiza-se a composição NIR-R-G (falsa cor).





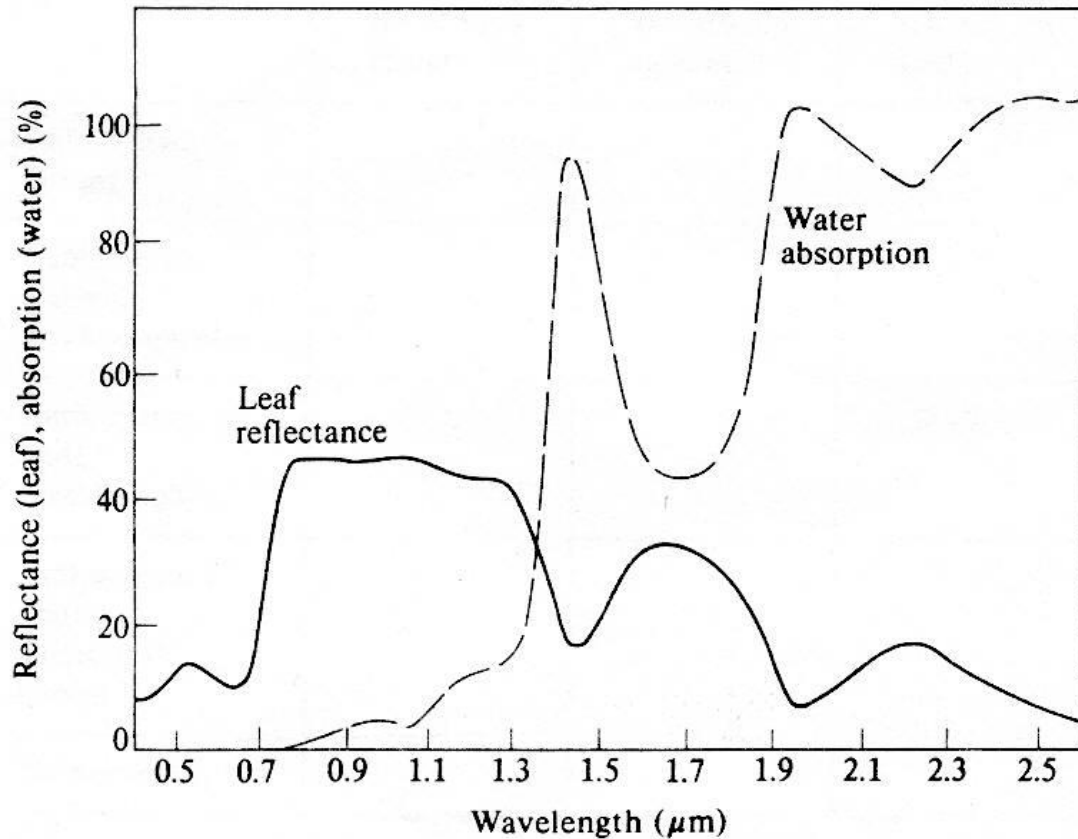
# No infravermelho médio:

- A reflectância é dominada pela umidade.
- Três picos grandes de absorção em torno de 1,4, 1,9, e 2,7 $\mu\text{m}$ .



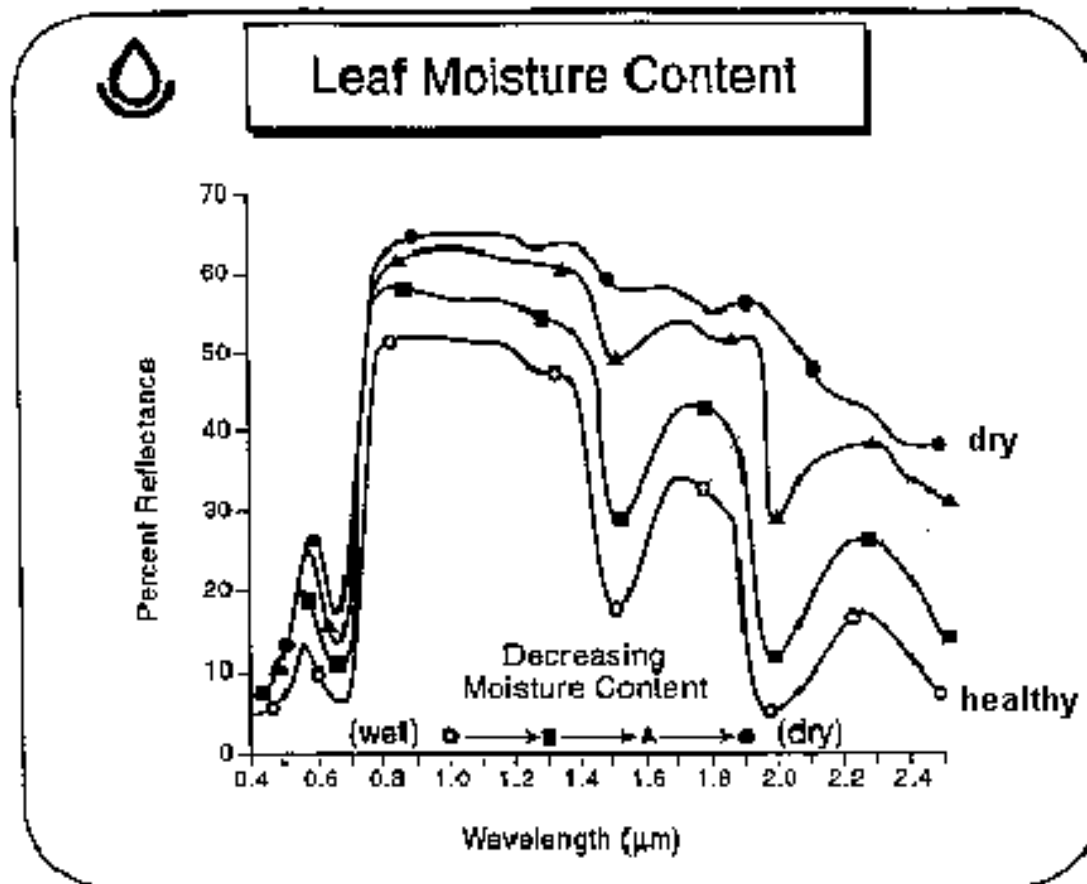


# Absorção vs. reflexão



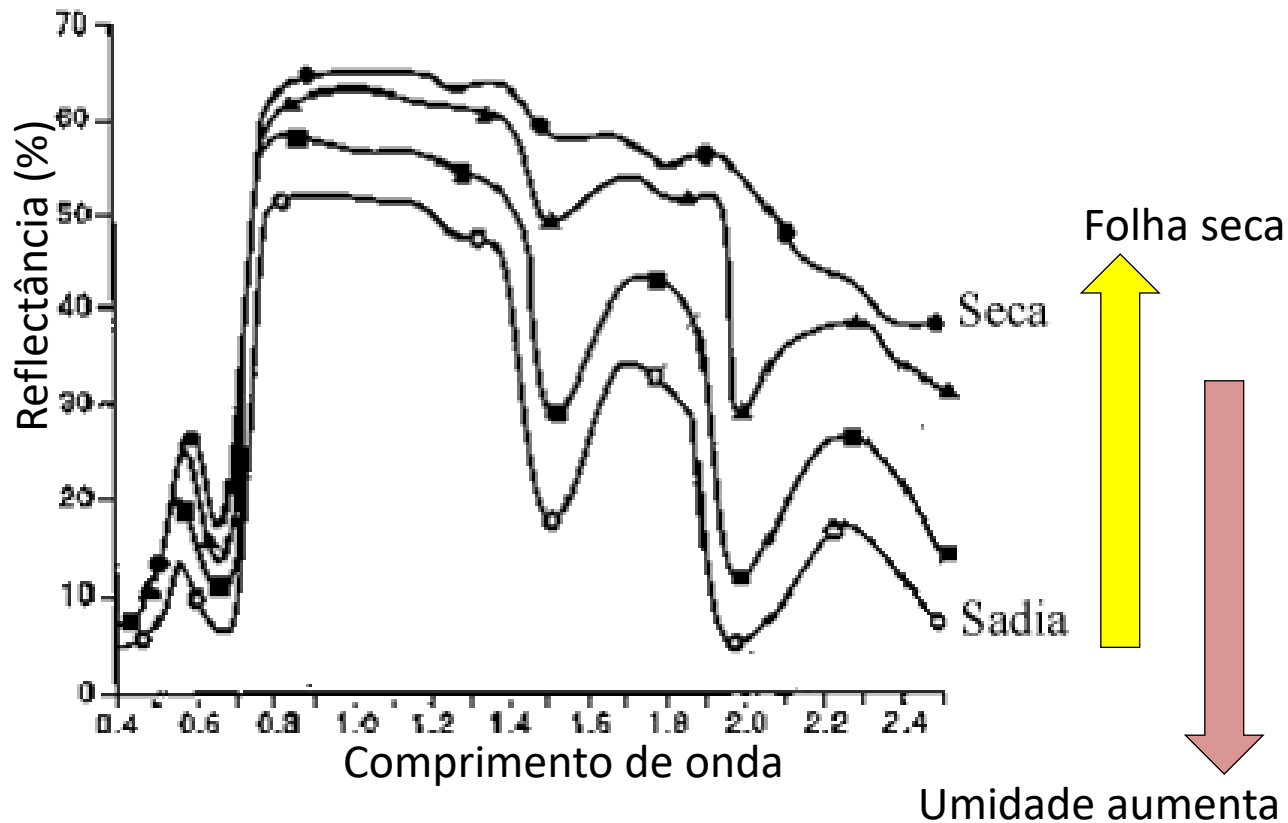
**Figure 5-9** The inverse relationship between leaf reflectance and water absorption. The water-absorption curve represents the amount of absorption caused by a layer of water 1 mm deep. (After Hoffer and Johannsen.<sup>3</sup>)

# Consequências da variação do teor de umidade



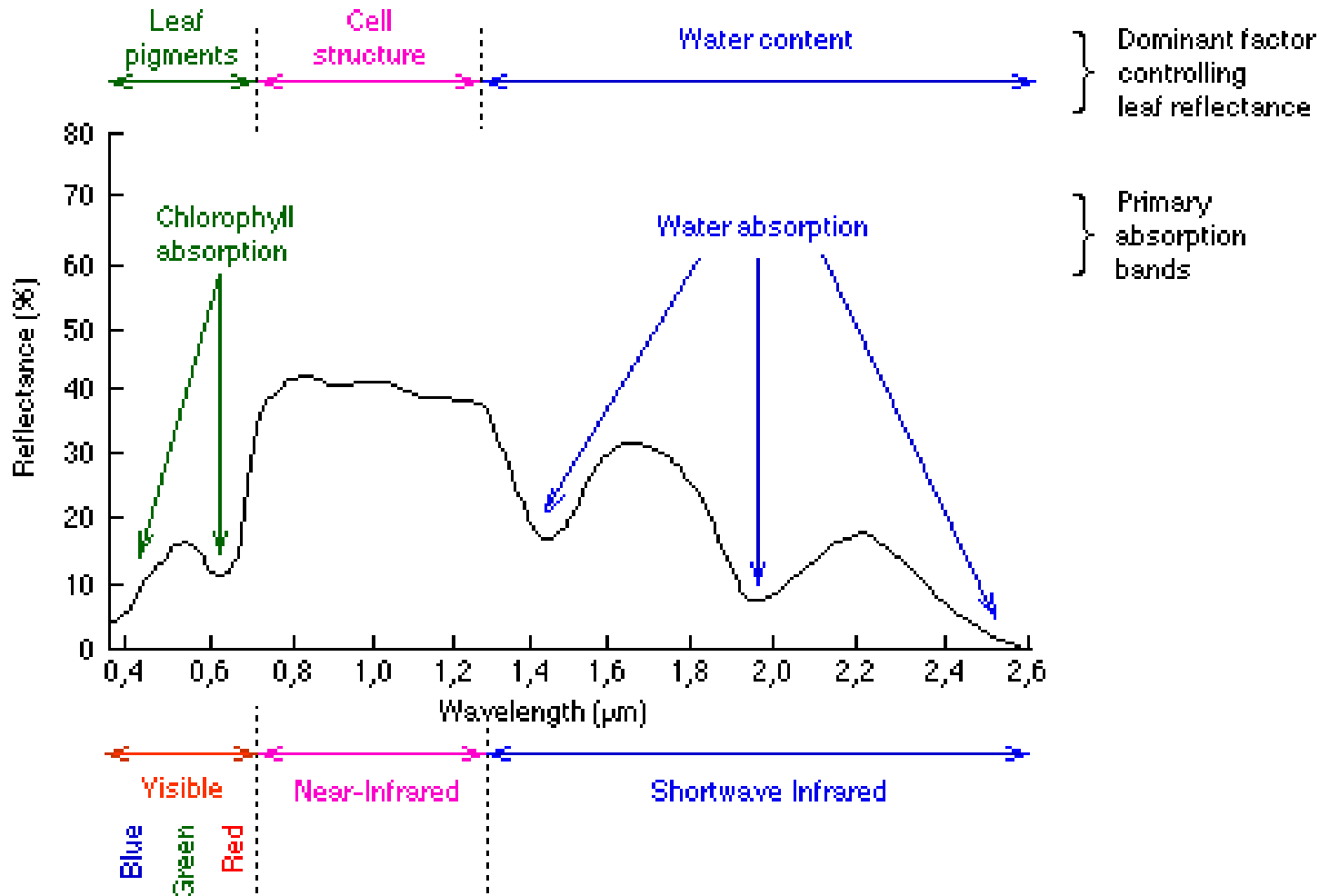
Fonte: Swain and Davies (1978)

# Consequências da variação do teor de umidade



Fonte: Swain and Davies (1978)

# Resumo





# exercícios

- Por favor, feche seu caderno e use a cabeça ...

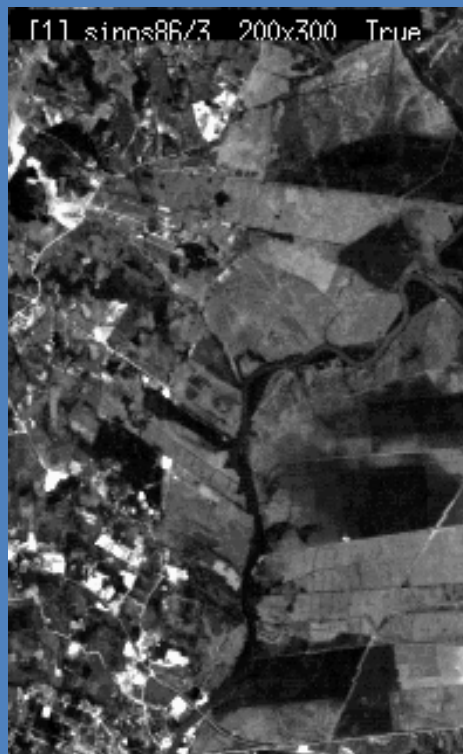


Imagens obtidas no

Visível,

IVP e

IVM.



Quais áreas são vegetação?



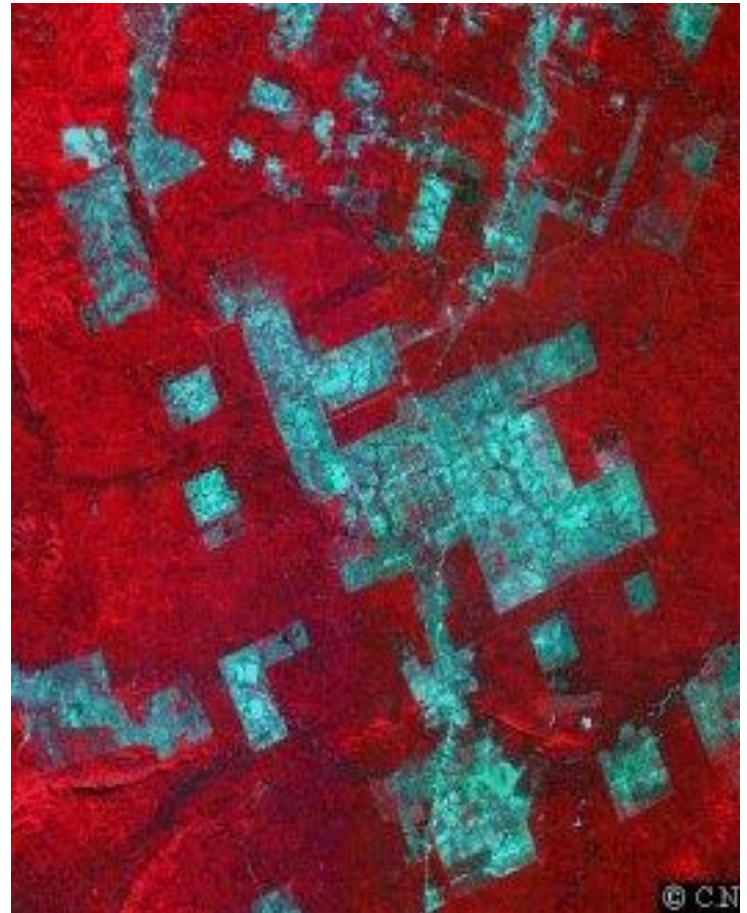
Exemplo:

Monitoramento da alteração da cobertura do solo.

A figura mostra uma imagem infra-vermelha da Amazónia

A vegetação aparece vermelha e as áreas cortadas aparecem azuis.

Pergunta: qual banda está associada à cor vermelho da imagem?



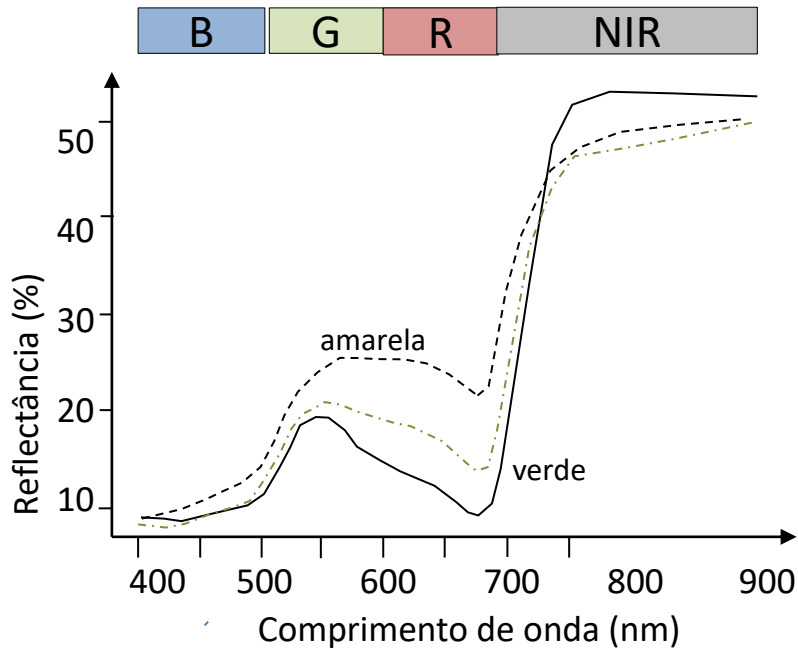
# índices

- Maximizar a visualização do efeito da radiação em determinadas superfícies
- Ser facilmente calculado
- Normalizar, quando possível para evitar o efeito de iluminação e atmosfera
- Permitir comparações multitemporais
- Estar associado, se possível, a uma variável ambiental mensurável
  - Exemplo índice de vegetação





# Folha verde vs amarela

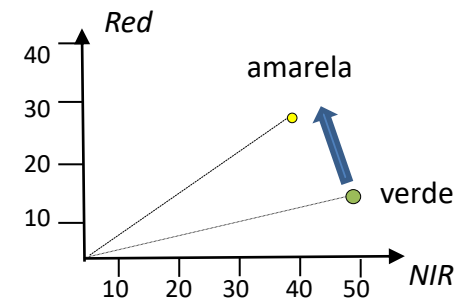


A reflectância da vegetação é alta no infravermelho próximo  
vegetação sadia apresenta alta absorção no vermelho;  
Quando a planta sofre algum estresse, diminui a absorção de clorofila (red)  
A relação NIR/RED é muito importante para monitorar o estado da vegetação.

A diferença ou a razão entre as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED) proporciona um índice de vegetação

$$IV = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

$$IV = \frac{IVP}{VIS}$$



# *NDVI Normalized difference vegetation index*

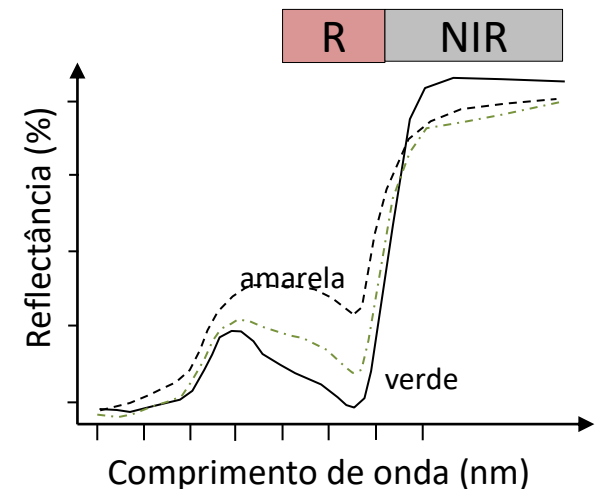
A diferença pode ser calculada como:

$$IV = NIR - RED$$

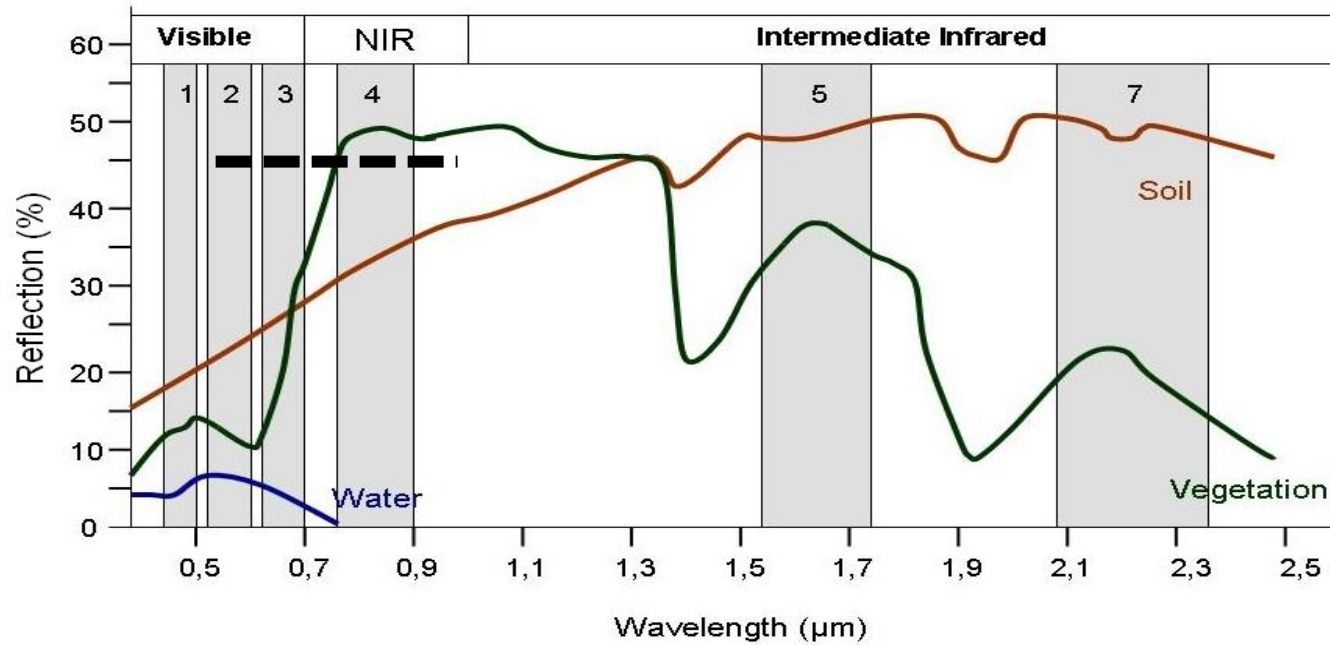
Porém, para normalizar esta diferença, usa-se o conceito de contraste (diferença/soma).

O contraste entre bandas do visível e do IVP informa a respeito do estado da vegetação e é conhecido como o índice de vegetação por diferença normalizada

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$



# NDVI

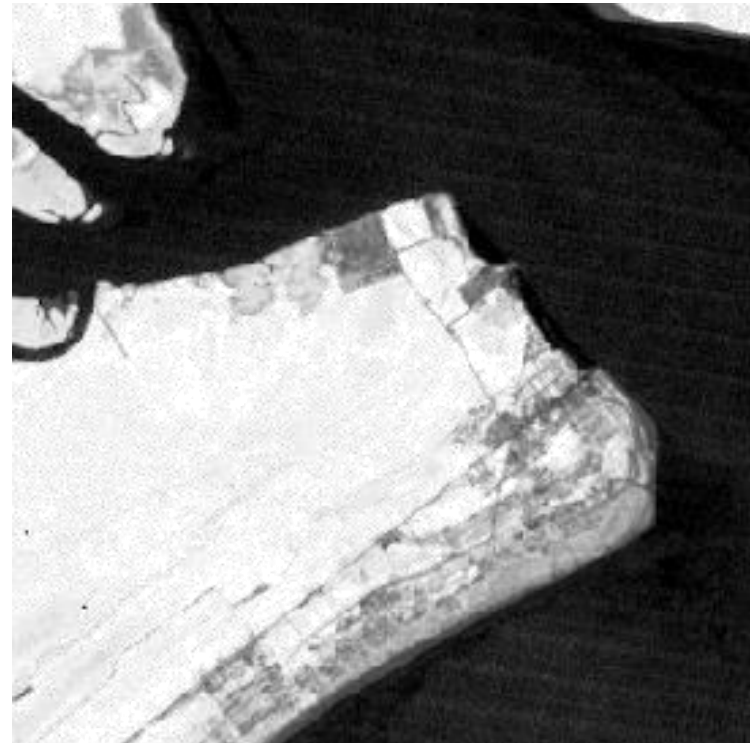


Como ficaria o NDVI para outros alvos, como solos, áreas urbanas, água ou até nuvens?

# NDVI

NDVI da imagem Landsat da região de pontal do Paraná

Nesta imagem, as áreas cobertas por vegetação aparecem bem claras, contrastando com as áreas urbanas, solos e a água. O efeito da umidade na vegetação é também visível nas áreas de mangue localizadas nas ilhas no canto superior esquerdo da imagem.





# Outros índices?

- Combinações similares, baseadas no comportamento espectral dos alvos na superfície da Terra, salientam outros aspectos particulares numa imagem. Considerando dados do sensor TM, os seguintes índices são citados na literatura ([Chuvieco \[1990\]](#)). Os índices que se referem a propriedades dos solos perdem significado quando o solo não se encontra descoberto.
- Índice simples de vegetação :  $TM4/TM3$   
Índice simples de argila :  $TM5/TM7$   
Índice simples de ferro :  $TM5/TM4$   
Índice simples de hidroxila de ferro:  $TM5/TM3$   
Índice simples de óxido de ferro:  $TM3/TM1$



# Outros índices similares

Outros índices exploram esta relação, porém de forma diferente; Por exemplo:

Enhanced vegetation index

$$EVI = \frac{(NIR - RED)}{NIR + c1 * RED - c2 * BLUE + c3}$$

Com três constantes: C1=6; c2=7 e c3=1

Uma lista completa de índices espectrais pode ser encontrada em:

<https://www.indexdatabase.de/db/i.php>

# Consideração a respeito de iluminação

A aparência dos pixels, mesmo pertencendo ao mesmo alvo, pode ser diferente em função das condições de iluminação.

O efeito das condições de iluminação pode ser formulado como uma componente multiplicativa sobre o valor original :

- $B_0' = a_0 * B_0$
- $B_1' = a_1 * B_1$
- $B_2' = a_2 * B_2$

Se considerarmos que estas componentes são próximas:

$$a_0 = a_1 = a$$

Seu efeito é reduzido ao calcular a razão:

$$\begin{aligned} I &= B_0' / B_1' \\ &= (a_0 * B_0) / (a_1 * B_1) \\ &= (a B_0) / (a B_1) \\ &= B_0 / B_1 \end{aligned}$$

